К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МНОГОКРАСОЧНЫХ ПЕЧАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

О.В. Трапезникова

Омский государственный технический университет, г. Омск

Проблема повышения точности контроля в процессе производства различных печатных изделий не теряет своей актуальности в связи с совершенствованием как технологий изготовления самих изделий, так контрольно-измерительной техники и методов контроля. Поскольку нанесение красочного изображения, выполняющего информационную функцию, на печатное изделие способами печатания осуществляется на достаточно высокой скорости, то широко используемый метод визуального контроля малоэффективен, применим выборочно, не позволяет обеспечить требуемую точность. Следствием этого является брак или ухудшение качества напечатанных изображений на печатных изделиях. Показано, что действующие методы контроля, регламентированные стандартами, не отвечают требованиям для выпуска конкурентоспособной на современном рынке продукции

В работе проанализированы стандартные и запатентованные методы контроля показателей качества, нанесенного на печатное изделие изображения способами печатания. Отмечены направления их модернизации и разработки новых объективных методов контроля, что возможно осуществлять только за счет использования современных систем с применением программных продуктов, разработанных под конкретный объект контроля, способствующих интеграции процессов измерения и анализа информации для стабилизации технологического процесса печати.

Предложен метод контроля красковосприятия, который основан на методах математического и гармонического анализа. Ввиду отсутствия стандарта, разработан алгоритм контроля показателя укрывистости. Оценка и контроль укрывистости в данном алгоритме базируется на методах математической статистики. Определение и контроль показателей красковосприятия, укрывистости осуществляется с помощью разработанных программ для ЭВМ, что позволяет не только существенно сократить время контроля, но и повысить его точность.

Ключевые слова: метод неразрушающего контроля, печатное изделие, точность контроля

ВВЕДЕНИЕ

Печатная продукция – изделия полиграфической промышленности. К этому виду продукции относятся различные многокрасочные печатные изделия, включая не только книги, журналы, но и в том числе ценные бумаги, художественные репродукции, открытки, географические и др. карты, этикетки, детские печатные игры, театральные билеты и др. Качество красочного изображения на печатном изделии контролируется по различным показателям [1-2].

Под красковосприятием понимается свойство поверхности материала (например, бумага) печатного изделия воспринимать определенное количество краски во время печати при заданных условиях контакта и разрыва красочного слоя [3].

Данное определение подтверждено экспериментальными данными [4]. На рисунке 1 показан поперечный срез красочного слоя, полученного на сканирующем электронном микроскопе JSM7500F JEOL (режим: ускоряющее напряжение 10 кВ и ток пучка $2 \cdot 10^{-9}$). Изображения на рис.1 визуализируют распределение печатной краски, нанесенной на поверхность материала (например, бумаги с тиснением, картона) способами печатания. Из них видно, что одна часть печатной краски, нанесенной на поверхность материала

печатного изделия, удерживается в неровностях поверхности запечатываемого материала, а другая проникает в глубину за счет пористой его структуры. [4]. При этом соотношение распределения краски различно, а значит и показатель красковосприятие зависит от печатных свойств материала.

Рис. 1. Поперечный срез красочного слоя на запечатываемом материале: 1 – чистоцеллюлозный картон, 2 – бумага с тиснением

Укрывистость – степень покрытия поверхности материала под печатными элементами при нанесении на нее изображения или отсутствие покрытия в местах изображения [5].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Известен стандартный метод, описанный в ГОСТ 24356-80 [3] и запатентованный метод SU 896574 A1 [6]. Они основаны на измерении оптической плотности полученного красочного оттиска. Их характерная особенность – высокая трудоемкость, измерение оптической плотности оттиска осуществляют на денситометре через сутки после печати, что существенно увеличивает время контроля и погрешность результата.

По стандарту ГОСТ 24356-80 количественной характеристикой красковосприятия служит критическая толщина слоя краски на форме S. Полагают, что эта толщина соответствует оптимальному значению величины оптической плотности оттиска $D_{отт}$. Согласно методике, рекомендуемой стандартом, рассчитывают среднее значение оптической плотности оттиска $D'_{отт}$ из трех параллельных определений используя номограмму (рис. 2).

Рис. 2. Номограмма для определения красковосприятия бумаги [3]

На прилагаемой в стандарте номограмме ограничен ряд типов материалов, по сравнению с существующим ассортиментом для печатных изделий, что снижает достоверность контролируемого показателя. Представленная в стандарте номограмма не имеет вспомогательной размерной сетки для более точного определения искомого показателя, цена деления шкалы по оси Y составляет 1 мм и погрешность результата измерения $\pm 0,5$ мм. Такая погрешность не позволяет объективно судить о точности результата измерения (определения).

В патенте SU 896574 A1 повышение точности контроля достигается за счет изготовления дополнительного оттиска с номинальной площадью красочного слоя, преимущественно равной 1 на прозрачной пленке, величина микронеровностей которой ограничена в пределах 0,1–0,5 мкм. Не указана марка пленки и степень ее деформируемости.

В предложенных ранее работах [4,7-9] для определения красковосприятия на пористых материалах, используемых для изготовления печатного изделия, средняя глубина проникновения краски в поры запечатываемого материала была определена с помощью поперечных срезов оттисков. Для определения массы красочного слоя, включая его распределение в поверхностном слое запечатываемого материала и в объемных слоях структуры материала, использовали уравнение профиля поверхности и методом дискретизации.

В настоящее время стандартный метод контроля показателя укрывистость по отношению к покрытиям, нанесенным на поверхность изделия способами печатания, отсутствует. В тоже время, от выбора метода контроля показателя, оценивающего качество нанесения красочного слоя на поверхность печатного изделия, зависит результат измерения других показателей и поиск новых направлений решения перспективен.

Цель работы состоит в разработке неразрушающих методов контроля красковосприятия и новых подходов к контролю показателя укрывистость.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разработанный метод контроля красковосприятия основан на методах математического и гармонического анализа

Определение массы красочного слоя осуществляется методом дискретизации с использованием уравнения профиля поверхности, характеризуя особенности распределения краски в поверхностном слое запечатываемого материала и распределение краски в объемных слоях структуры (рис. 3).

Рис. 3. Модель положения краски на запечатываемом материале

Контроль красковосприятия материала печатного изделия на выбранном участке осуществляется по массе краски (M): на поверхности микроточки с учетом деформации поверхностного слоя подложки (M_1) и, проникшей во внутренние слои подложки (M_2). Для получения оценки M_1 при трехцветной печати используется универсальный подход,

состоящий в аппроксимации количества (M_I) краски на поверхности образца некоторой линейной функцией двух переменных.

Для получения оценки M_I при трехцветной печати используется универсальный подход, состоящий в аппроксимации количества (M_I) краски на поверхности образца некоторой линейной функцией двух переменных. Данный подход может быть использован для любой из позиций $P_{i,}$, что и отображает его универсальность.

Количество краски на поверхности микроточки с учетом деформации поверхностного слоя подложки M_I можно найти по формуле:

$$M_I = \iint_D \rho(x, y) dx dy, \quad (1)$$

где D – область интегрирования (запечатанная микроточка); $\rho(x, y)$ – поверхностная плотность массы красок, которая прямо пропорционально зависит от толщины $z(x, y)$ красочного слоя в точке (x, y) , а также от удельных плотностей красок,

$$\rho(x, y) = (\sum_1^s \rho_j) z(x, y), \quad (2)$$

где s – количество красок, участвующих в данном отпечатке.

Для получения оценки в первом приближении аппроксимируем толщину красочного слоя $z(x, y)$ в области D линейной функцией двух переменных x и y

$$z(x, y) = ax + by + c, \quad (3)$$

что с геометрической точки зрения соответствует замене реального рельефа запечатанной точки некоторой плоскостью. С помощью метода наименьших квадратов по результатам измерений находятся оптимальные значения параметров a, b, c , обеспечивающие минимум суммы квадратов отклонений $S(a, b, c)$ наблюдаемых значений z_i от значений, вычисленных по формуле (3).

$$S(a, b, c) = \sum_{i=1}^n (ax_i + by_i + c - z_i)^2$$

Решив относительно параметров a, b, c систему линейных алгебраических уравнений

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i y_i + c \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i z_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i y_i + b \sum_{i=1}^n y_i^2 + c \sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n y_i z_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n y_i + cn = \sum_{i=1}^n z_i \end{cases}$$

получим уравнение аппроксимирующей поверхности

$$z(x, y) = a_0 x + b_0 y + c_0,$$

где a_0, b_0, c_0 – оптимальные значения параметров a, b, c .

Считая запечатанную микроточку элементарной областью, зададим верхнюю $f_2(x)$ и нижнюю $f_1(x)$ части ее границы в виде многочленов Фурье, используя результаты измерений.

Тогда количественную оценку красковосприятия на поверхности микроточки получим по формуле

$$M_1 = \int_c^d dx \int_{f_1(x)}^{f_2(x)} (\sum_1^s \rho_j) (a_0 x + b_0 y + c_0) dy. \quad (4)$$

Количество краски, проникшей во внутренние слои подложки M_2 определяем как произведение известного табулированного значения средней глубины q проникновения краски во внутренние слои бумаги на площадь S запечатанной микроточки, которую также находят с помощью методов математического и гармонического анализа:

$$M_2 = (\sum_1^s \rho_j) q S. \quad (5)$$

Определение красковосприятия осуществляется с помощью разработанной программы для ЭВМ [10-11]. В создании программы использована программная среда – Microsoft Visual Studio 2010 язык программирования Visual C#. Она позволяет снизить временные затраты и трудоемкость.

Программа предназначена для определения и контроля показателя красковосприятия в процессе переноса краски на запечатываемую поверхность печатного изделия в зоне печатного контакта с учетом геометрических характеристик компонентов печатной системы.

После загрузки данных из исходных файлов, основные функции программы следующие :

- определение отклонения толщины красочного слоя на оттиске от номинальной поверхности; компьютерная интерпретация красочного слоя показана на рис. 4;

- расчет и контроль в автоматизированном режиме показателей, характеризующих красковосприятие в печатной системе с учетом геометрических характеристик ее компонентов с точностью до 0,001.

Рис. 4. Компьютерная интерпретация красочного слоя

Фрагмент модуля программы для расчета красковосприятия показан на рис. 5.

```
// Расчёт красковосприятия
// =====
private void GetKraska_Click(object sender, EventArgs e)
{
    double kraska_got = 0;
    double kraska_1 = 0;
    double kraska_2 = 0;
    kraska_1 = 0;
```

```
for (int lep = 0; lep != zn_profil; lep++)
{
kraska_2 = 0;
for (int lep2 = 1; lep2 > i - 1; lep2 = 2 * lep2 + 1)
{
kraska_2 = kraska_2 + (cof_b[lep, lep2] / lep2);
}
kraska_1 = kraska_1 + kraska_2;
}
kraska_got = (0.00015 * (zn_profil * z_max - ((2 / Math.PI) *
.....
```

```
if (cof_b == null)
{
tabControl1.SelectedIndex=1; MessageBox.Show("Произведите
расчеты");
```

Рис. 5. Контроль и расчет красковосприятия (фрагмент)

Действующий ГОСТ 8784-75. Материалы лакокрасочные; Методы определения укрывистости [12] эффективен по отношению к покрытиям лакокрасочной отрасли, но не к покрытиям, нанесенным на поверхность способами печатания, ввиду различия в понятиях укрывистости по отношению к объекту измерения и ее оценки. В работе предложен алгоритм для контроля данного показателя. Оценка укрывистости в данном алгоритме базируется на методах математической статистики. Предложенный алгоритм отличается от разработки авторов [13] тем, что позволяет оценивать изображения разной контрастности и который состоит в следующем:

- нанесенное способами печатания поверхность запечатываемого материала печатного изделия изображение сканируется и считывается отдельно по каждой цветовой составляющей (триаде);
- после того, как изображение считано, определяется равномерность нанесения красочного слоя;
- при положительном результате производится дополнительная обработка изображения в модуле Contrast;
- переход из цветовой модели RGB в Lab, с последующим определением среднего значения каждого цвета и необходимых границ для выбора «выпадающих» пикселей;
- после завершению проверки вхождения пикселей в заданные границы и определения их количества, вычисляется отношение количества пикселей, соответствующих цвету образца, к общему количеству пикселей изображения;
- полученный результат оценивается на пригодность, отображается на экране.

Данные хранятся в архиве, могут быть открыты для дальнейшей работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный метод контроля красковосприятия относится в группе методов неразрушающего контроля; позволит снизить трудоемкость процесса,

повысить точность определяемого показателя с учетом геометрических характеристик компонентов печатной системы.

Рекомендуемый алгоритм позволяет проводить контроль укрывистости покрытий без его разрушения, с учетом равномерности наносимого слоя, определения участка поверхности изделия имеющего наибольшую вероятность дефектности, что способствует автоматизации контроля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 54766-2011. Технологии полиграфии – Контроль процесса изготовления цифровых файлов, растровых цветоделений, пробных и тиражных оттисков – Часть 2: Процессы офсетной печати [Текст]. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2012. – 19 с.
2. ISO 12647-2:2004. Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 2: Offset lithographic processes, 2012. – 19 p.
3. Гилязетдинов, Л.П. Фольга для горячего тиснения [Текст] / Л.П. Гилязетдинов, Г.М. Левин, М.В. Огороднева. – М.: Книга, 1981. – 112 с.
4. Varepo, L.G., I.V. Nagornova, and O.V. Trapeznikova, "Application of electron microscopy to quality control of surface ink layers," *Procedia Engineering*, vol. 113, pp. 357-361, 2015.
5. ГОСТ Р 24356-80. Бумага. Метод определения печатных свойств [Текст]. – Введ. 1982-01-01. – М.: Стандартинформ, 2003. – 11 с.
6. Пат. 896574 Российская Федерация, МПК G01N 33/34, G01N 21/00. Способ оценки качества бумаги для печати [Текст] / Шепитиновский Г.В., Коржев В.А.; заявитель и патентообладатель Центральный научно-исследовательский институт бумаги. – № 2817662; заявл. 20.09.1979; опубл. 07.01.1982.
7. Варепо, Л.Г. Моделирование оценки красковосприятия на основе аналитического представления профиля поверхности / Л.Г. Варепо, А.С. Борисова, О.А. Колозова // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. – 2011. – № 3 (103). – С. 323–325.
8. Варепо, Л.Г. Математическая модель расчета красковосприятия материалов для печати / Л.Г. Варепо, А.С. Борисова, О.А. Колозова // Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Естественные науки. – 2013. – № 2. – С. 10–13.
9. Варепо, Л.Г. Моделирование оценки красковосприятия пористого запечатываемого материала в процессе листовой офсетной печати [Текст] // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела: науч.-техн. журнал. – 2012. – № 5. – С. 3–8.
10. Trapeznikova, O.V., "Printing quality control automation," *Journal of Physics : Conference Series*, vol. 998(1), p. 012038, 2018.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020661257 Российская Федерация. Определение красковосприятия : № 2020660627 : заявл. 21.09.2020 : опубл. 21.09.2020 / О. В. Трапезникова ; заявитель ОмГТУ.
12. ГОСТ Р 8784-75. Материалы лакокрасочные; Методы определения укрывистости [Текст]. – Введ. 1976-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 11 с.
13. Варепо, Л.Г. Методика статистической оценки укрывистости многокрасочного изображения полиграфической и упаковочной продукции / Л.Г. Варепо, В.И. Бобров, Л.О. Горшкова // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2014. – № 1–2. – С. 28–31.

Трапезникова Ольга Валерьевна – старший преподаватель, Омский государственный технический университет, e-mail: ol-trapeznikova@yandex.ru.

REVISING THE ACCURACY QUALITY PARAMETERS IMPROVING OF MULTICOLOR PRINTED ITEMS

O.V. Trapeznikova

Omsk State Technical University, Omsk

Abstract – Providing that both current processing techniques and supervisory instruments is updating, the problem of the accuracy quality parameters continues to be relevant for printing industry. Due to high-speed processes of the printed items manufacturing the current visual-based monitoring techniques can be thought of as low informative, selective applied resulted in accuracy decreasing at lot inspections. The most current monitoring methods regulated by standards are low-efficient at the moment.

Both standard and patented quality monitoring techniques for printed images monitoring were analyzed. The listed techniques upgrading trends and points of the novel objective ones developing based on specified software hardware integration of measurement and information analysis procedures aimed at the operational process stabilization are noted.

The ink trapping monitoring technique based on both mathematical and Fourier analysis is proposed. As long as the standard procedure is deficient, the algorithm of covering power control based used mathematical statistics approaches was developed. The monitoring is carried out by the developed software.

Index terms: nondestructive testing method, printed item, control accuracy.

REFERENCES

1. GOST 54766-2011. Printing technologies - Control of the process of making digital files, raster color separations, proof and production prints - Part 2: Offset printing processes, 2012.
2. ISO 12647-2:2004. Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 2: Offset lithographic processes, 2012.
3. Giliazetdinov, L.P., G.M. Levin, and M.V. Ogorodneva, Hot stamping foil. Moscow, Russia: Book, 1981.
4. Varepo, L.G., I.V. Nagornova, and O.V. Trapeznikova, "Application of electron microscopy to quality control of surface ink layers," *Procedia Engineering*, vol. 113, pp. 357–361, 2015.
5. GOST 24356-80. Paper. Method for determining printable properties, 2003.
6. Shepitolovskii, G.V., and V.A. Korzhev, "Method for assessing the quality of paper for printing," RU Patent 896574, 1982.
7. Varepo, L.G., A.S. Borisova, and O.A. Kolozova, "Modeling paint perception assessment based on an analytical representation of the surface profile," *Omsk Scientific Bulletin. Ser. Devices, machines and technologies*, vol. 3(103), pp. 323–325, 2011.
8. Varepo, L.G., A.S. Borisova, and O.A. Kolozova, "Mathematical model for calculating the ink perception of materials for printing," *Proceedings of higher educational institutions. North Caucasian region. Natural Sciences*, vol. 2, pp. 10–13, 2013.
9. Varepo, L.G., "Modeling the assessment of ink perception of porous substrate in sheetfed offset printing," *Proceedings of higher educational institutions. Problems of printing and publishing*, vol. 5, pp. 3–8, 2012.
10. Trapeznikova, O.V., "Printing quality control automation," *Journal of Physics : Conference Series*, vol. 998(1), p. 012038, 2018.
11. Trapeznikova, O.V., "Determination of paint perception," Certificate of state registration of a computer program 2020661257, 2020.
12. GOST 8784-75. Paints and varnishes; Methods for determining hiding power, 1975.
13. Varepo, L.G., V.I. Bobrov, and L.O. Gorshkova, "Methodology for the statistical assessment of the opacity of a multicolor image of printing and packaging products," *Paints and varnishes and their application*, vol. 1–2, pp. 28–31, 2014.

Trapeznikova Ol'ga Valer'vna – Senior Lecturer, Omsk State Technical University, e-mail: ol-trapeznikova@yandex.ru.